

Rafael Pereira Marques ¹	Fabio Marcos Ritton de Elias ²	Glaucoco R. da C. Passos ³
Rodrigo Paes Moreira ⁴		

1 Associação Educacional Dom Bosco (AEDB) – Faculdade de Engenharia de Resende – Resende – RJ – Brasil

2 Associação Educacional Dom Bosco (AEDB) – Faculdade de Engenharia de Resende – Resende – RJ – Brasil

3 Associação Educacional Dom Bosco (AEDB) – Faculdade de Engenharia de Resende – Resende – RJ – Brasil

4 Associação Educacional Dom Bosco (AEDB) – Faculdade de Engenharia de Resende – Resende – RJ – Brasil

RESUMO

A energia elétrica é um dos insumos básicos para o desenvolvimento econômico e social. No entanto, trinta e cinco por cento da população mundial não tem qualquer acesso à eletricidade. As fontes de energia renováveis apresentam-se como a solução para atender essa carência e também ao rápido crescimento do consumo mundial. Mesmo em países com matriz energética baseada na fonte renovável da energia hídrica, caso do Brasil, pode ocorrer carência no abastecimento devido a problemas climáticos.

Estamos hoje nos primórdios de uma revolução energética tão profunda e veloz como a que impulsionou a era do petróleo, mais de um século atrás. Este novo sistema energético – atualmente descentralizado, eficiente e baseado cada vez mais em recursos renováveis e no hidrogênio – já começa a surgir em algumas partes do mundo. Os países que não seguirem essa tendência correm o risco de ficarem para trás em relação aos competidores econômicos e comprometer sua credibilidade política no cenário internacional.

A matriz energética ideal do nosso tempo agrega a diversidade de fontes de energia, variando na forma conforme a região. A eletricidade deverá ser fornecida por várias combinações dentre energia hídrica, fontes renováveis intermitentes (eólica e solar), biomassa, célula combustível, hidrogênio e geotérmica. A principal característica de qualquer fonte de energia deverá ser sua eficiência. As companhias de eletricidade deverão agregar um conjunto de fontes de geração.

1 INTRODUÇÃO

A primeira CaC foi construída em 1801 por Humphrey Davy, que realizou estudos em eletroquímica usando carbono e ácido nítrico. Mas o advogado e cientista inglês, William Grove (1811–1896), que foi considerado o precursor das células a combustível. A “Célula de Grove”, como era chamada, usava um eletrodo de platina imerso em ácido nítrico e um eletrodo de zinco imerso em sulfato de zinco para gerar uma corrente de 12 amperes e uma tensão de 1.8 volts.

Atualmente, a preocupação mundial é o esgotamento dos recursos naturais e o deterioramento das condições ambientais. Nesse contexto, há uma busca constante por novas tecnologias para a produção de energia que é dependente de jazidas de combustíveis fósseis, os quais não são renováveis e contaminam a atmosfera com seu dióxido de carbono, provocando o efeito estufa e conseqüentemente implicando no aquecimento global. Economicamente, é um fator considerável quando se identifica que são poucas as regiões do mundo que possuem jazidas de combustíveis e seu preço é instável.

Estudos revelam que um tipo de energia confiável, renovável e não poluente se faz necessário mediante as preocupações que envolvem a sustentabilidade ambiental.

O uso eficiente dos recursos naturais e renováveis requer pensar e buscar num curto prazo soluções cabíveis que possam valorizar o homem em sua totalidade e no ambiente em que está inserido, ou seja, desenvolver condições para sua vida e no mesmo tempo atender suas necessidades.

Dentro dessa proposta e de buscas voltadas para uma geração de energia mais eficiente destaca-se a célula combustível, que dentre as diferentes tecnologias é um tipo de energia que não envolve combustão. É a combinação de hidrogênio e oxigênio que resulta num dispositivo eletroquímico, produzindo eletricidade e água. Uma tecnologia que está em pleno desenvolvimento.

A célula combustível poderá ser aplicada na energia elétrica residencial, comercial e industrial, poderá gerar energia para substituir ao motor de combustão interna, beneficiando caminhões, ônibus, entre outros e a célula combustível poderá também substituir às baterias, atendendo os equipamentos eletroeletrônicos.

2 CÉLULA COMBUSTÍVEL, O QUE É?

Célula a combustível (Fuel Cells) é uma tecnologia que utiliza o hidrogênio e o oxigênio para gerar eletricidade com alta eficiência, e também vapor d'água quente resultante do processo químico na célula a combustível. A importância da célula está na sua alta eficiência e na ausência de emissão de poluentes quando se utiliza o hidrogênio puro, além de ser silenciosa.

O seu principal combustível, o hidrogênio, pode ser obtido a partir de diversas fontes renováveis e também a partir de recursos fósseis, mas com muito menor impacto ambiental. Será em breve uma solução para a geração de energia no próprio local de consumo, desde uma indústria, residência, centros comerciais, além de sua utilização em automóveis, aviões, motos, ônibus e equipamentos portáteis, tal como o telefone celular e os laptops.

Pesquisas de desenvolvimento de CaCs estão sendo realizadas em todo o mundo por empresas de energia, montadoras de automóveis, fabricantes de equipamentos eletrônicos, universidades e centros de pesquisa especializados em energia alternativa, com o objetivo de diminuir os custos, as dimensões, aumentar a eficiência dos equipamentos e, para muitos países, diminuir a dependência de combustíveis fósseis, como o petróleo, assim como a dependência dos países do Oriente Médio, região com grande concentração e produção de petróleo e de instabilidades políticas, religiosas, econômicas e sociais.

No contexto internacional, verifica-se a adoção de ações visando ampliar o aproveitamento de energias renováveis com uma progressiva redução no uso dos combustíveis fósseis, reestruturando a produção, a distribuição, o uso da energia e incorporando novas tecnologias. Neste cenário, o papel do hidrogênio será fundamental.

Já foram investidos mais de dois bilhões de dólares pelas grandes indústrias automobilísticas no desenvolvimento de automóveis - carros, caminhões e ônibus - movidos por CaCs, prevendo-se a produção em massa para a nova geração de veículos movida a hidrogênio ainda no final desta década. A General Motors espera produzir até o ano de 2020, um milhão de automóveis a célula a combustível. Dentro de sete anos, será um mercado de 10 bilhões de dólares anuais.

3 FUNCIONAMENTO

Célula a Combustível (Fuel Cell) é uma tecnologia que utiliza a combinação química entre oxigênio e hidrogênio para gerar energia elétrica, energia térmica (calor) - e água. Além das várias tecnologias existentes para combinar esses dois elementos, existem várias fontes de hidrogênio a serem utilizadas pelas CaCs, tais como a gasolina, o gás natural, o óleo diesel, o etanol (álcool), o metanol, o lixo urbano e rural, a água, entre outros, onde se pode extrair e utilizar o hidrogênio para reagir com o oxigênio do ar.

As diferentes tecnologias de célula a combustível têm basicamente o mesmo princípio. São compostas por dois eletrodos porosos: o ânodo (terminal negativo) e o cátodo (terminal positivo), cada um revestido num dos lados por uma camada de catalisador de platina ou níquel, e separados por um eletrólito (material impermeável que permite movimento aos íons positivos – prótons - entre os eletrodos).

3.1 Dentro da Célula a Combustível

Ânodo

O terminal negativo - ânodo - tem canais de fluxo que distribuem o gás hidrogênio sobre a superfície do catalisador.

Catalisador

Uma fina camada de catalisador recobre o eletrólito ou membrana. O catalisador é um metal, normalmente platina ou níquel, que acelera as reações químicas entre o oxigênio e o hidrogênio.

Membrana ou Eletrólito

Algumas células utilizam eletrólitos líquidos e outras sólidas, como as membranas plásticas de troca de prótons para conduzirem cargas positivas, os prótons. Somente as cargas positivas atravessam o eletrólito, os elétrons não.

Cátodo

O terminal negativo - ânodo - tem canais de fluxo que distribuem o gás hidrogênio sobre a superfície do catalisador, e remove a água produzida durante a reação.

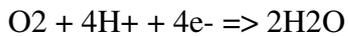
Dentro da célula a combustível, o gás hidrogênio pressurizado é bombeado para o terminal negativo, o ânodo. O gás é forçado a atravessar o catalisador. Quando a molécula de hidrogênio entra em contato com o catalisador, ela se separa em dois íons de hidrogênio (H⁺) e dois elétrons (e⁻). Os elétrons (e⁻) são conduzidos através do ânodo, contornando o eletrólito até atingirem o circuito externo, onde acendem uma lâmpada ou motor elétrico, e retornam para o terminal positivo, o cátodo. O fluxo de elétrons é a corrente elétrica.

Reação Química



O oxigênio (O₂), retirado do ar, entra na célula a combustível pelo terminal positivo, o cátodo. O gás é forçado a se dispersar no catalisador. O catalisador separa a molécula de oxigênio em dois átomos de oxigênio, e cada átomo de oxigênio atrai dois íons H⁺ através do eletrólito. Estes dois íons H⁺ combinam com o átomo de oxigênio e dois elétrons provenientes do circuito externo, para formar a molécula de água (H₂O). Nesta reação, uma certa quantidade de calor é liberada.

Reação Química:



Explicação mais detalhada

Na maioria das células a combustível, o ânodo é alimentado com hidrogênio - combustível -, onde ocorre a ionização deste, por reação catalítica na platina, convertendo o hidrogênio H_2 em prótons H^+ e elétrons H^- .

O cátodo é alimentado pelo oxigênio - o oxidante - retirado do ar. Os elétrons circulam por um circuito externo gerando uma corrente elétrica no sentido do cátodo, o terminal positivo.

Os prótons atravessam o eletrólito - que pode ser líquido ou sólido - no sentido do cátodo também. No cátodo, o elétron e o próton reagem com o oxigênio, retirado do ar, formando moléculas de água e liberando calor devido à reação exotérmica. Tem-se então, vapor d'água.

O vapor quente pode ser utilizado para aquecimento, ou ser integrado à uma turbina a vapor para gerar mais eletricidade. Pode também ser utilizado para gerar hidrogênio novamente através da eletrólise (quebra da molécula de água em hidrogênio e oxigênio) utilizando um painel solar, por exemplo, (CaCs Regenerativas).

Muitas vezes o hidrogênio utilizado pela célula a combustível não está na sua forma mais pura, H_2 . Ele está misturado a outros elementos presentes num combustível, tal como o gás natural, a gasolina e o álcool (etanol), e tem que ser retirado. Para extrair o hidrogênio é utilizado um reformador.

Em algumas tecnologias de células a combustível, devido à alta temperatura de operação, entre 600°C e 1000°C , a reforma do combustível é feita internamente. Já em outras tecnologias, que atuam em temperaturas mais baixas, é necessário um reformador, o que implica em custos adicionais.

3.2 Ainda sem aplicação comercial

Apesar das vantagens ambientais, o alto custo da célula de combustível e a ausência de uma rede de distribuição de hidrogênio são obstáculos que colocam à prova o empreendimento empresarial da Electrocell. "Nós acreditamos que o preço e as dimensões de uma célula de combustível vão cair bastante nos próximos anos", afirma Gerhard Ett, engenheiro químico por formação, doutor em eletroquímica pela USP e diretor da empresa. Em cinco anos de existência, a Electrocell vendeu 30 células — principalmente para universidade e institutos de pesquisa. Nenhuma com aplicação comercial. "Nós conseguimos vender duas células para a Alemanha a um terço do que eles gastariam se comprassem um equipamento alemão", afirma Ett. Nesses seis anos de atividade, a Electrocell teve um faturamento médio anual de R\$ 800 mil.

As células da Electrocell têm sido usadas em bancadas de teste, como a de 5 kW comprada pelo Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (Cepel) da Eletrobrás. A Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf) financiou R\$ 600 mil pelo equipamento, usando o percentual obrigatório de investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) previsto na legislação do setor elétrico. O módulo, instalado no Rio de Janeiro, é o mais avançado já construído pela Electrocell. Ele foi beneficiado pelos avanços tecnológicos obtidos durante a produção da célula da Eletropaulo. Com o equipamento, o Cepel quer investigar a implantação, instalação e a viabilidade técnico-empresarial das células de combustível. São testados os limites de potência, carga, capacidade de uso em sistemas *no-break* e os limites de durabilidade. "Estamos muito satisfeitos com o equipamento e com a assistência técnica da Electrocell", afirma Eduardo Serra, diretor do Cepel, que admite que o uso de células a hidrogênio no Brasil ainda é uma realidade distante. O País pode explorar outras fontes primárias de energia alternativas ao petróleo: álcool, hidráulica, solar e eólica, além da possibilidade de desenvolver a nuclear.

3.3 Tecnologias da célula combustível

Os diferentes tipos de células combustível ou tecnologias associadas (como por exemplo, membranas, eletrodos e reforma) encontram-se em estágios muito distintos de desenvolvimento. Alguns tipos de tecnologias foram ou estão sendo abandonadas por problemas de durabilidade ou sensibilidade a contaminantes como, por exemplo, células

combustível alcalinas (AFC, que requer oxigênio puro). Por outro lado, tecnologias como as das células de membrana poliméricas (PEFC), as óxidos sólido (ou cerâmicos, SOFC) e as de carbono fundido (MCFC) estão em desenvolvimento acelerado e já começam a entrar no mercado.

Tipos de tecnologias

- PEFC (Polymer Electrolyte Fuel Cell)
- AKC (Alkaline Fuel Cell)
- PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)
- MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)
- ITSOFC (Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cell)
- TSOFC (Tubular Solid Oxide Fuel Cell)
- DAFC (Direct Alcohol Fuel Cell)

Diferenças entre as tecnologias

	PEFC	AFC	PAFC	MCFC	ITSOFC	TSOFC
Eletrólito	membrana polimérica	hidróxido de potássio	ácido fosfórico	mistura de carbonatos	cerâmicos	cerâmicos
Temperatura de operação °C	80	65-220	200	650	600-800	800-1000
Portador de carga	H ⁺	OH ⁻	H ⁺	CO ₃ ⁼	O ⁼	O ⁼
Invólucro de carga	carbono	carbono	grafite	aço	cerâmica	cerâmica
Controle da água	evaporativo	evaporativo	evaporativo	gasoso	gasoso	gasoso
Controle do calor	gás e resfriamento independente	gás e eletrólito	gás e resfriamento independente	gás e correção interna	gás e correção interna	gás e correção interna
Catalizador	platina	platina	platina	níquel	CO-ZrO ₂ ou Ni-ZrO ₂	CO-ZrO ₂ ou Ni-ZrO ₂

Quadro I: Tipos de Tecnologia

Fonte: ALDABÓ, Ricardo. **Célula Combustível a Hidrogênio:** fonte de energia da nova era. São Paulo; Artliber, 2004.

4 BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

A tecnologia célula a combustível tem sido reconhecida como uma forma limpa de produzir eletricidade com alta eficiência energética em diversas aplicações, desde a portátil até em geração distribuída. Não importando a sua aplicação, elas oferecem um número importante de benefícios para usuários individuais, companhias de energia e a sociedade em geral.

Enquanto os benefícios da geração distribuída ainda são discutidos, os benefícios ambientais das CaCs têm estimulado o seu uso em locais com alta concentração de poluentes e, assim, ajudar a minimizar os problemas ambientais e melhorar as condições sociais.

Pelo fato de produzirem energia sem combustão e sem partes móveis, as CaCs são, em média, até 25% mais eficientes que os motores a combustão interna, reduzindo a emissão de poluentes e também de dióxido de carbono na atmosfera.

Mesmo quando o hidrogênio é obtido a partir de fontes fósseis como o petróleo e o gás natural, a emissão de dióxido de carbono (CO₂) cai de 25 a 50%, e a fumaça produzida quando comparada com equipamentos tradicionais como os geradores a diesel, diminui em 99%. Na busca de um melhor aproveitamento dos benefícios proporcionados pelas CaCs, as fontes de energia renováveis são um ponto crucial para aproveitar integralmente os benefícios desta tecnologia, pois durante o crescimento destes, como a cana-de-açúcar, ocorre o sequestro de carbono presente na atmosfera (CO₂), além de liberarem o oxigênio. Como as previsões das reservas de petróleo estão estimadas para mais 40 a 50 anos, uma forma de se aumentar este tempo é utilizando equipamentos eficientes – como as CaCs - que produzam a mesma quantidade de energia, mas utilizando menos petróleo.

Recentemente, o presidente da Ford Motors, William Ford, declarou: “Eu acredito que as células a combustível terminarão com o reinado de 100 anos dos motores a combustão”.

E realmente deverá acontecer, pois, depois de cem anos, a eficiência de um motor a combustão é de apenas 20%, em média, enquanto que os veículos movidos por CaCs atingem eficiência de 40 a 45%. Esta faixa de eficiência é para as primeiras gerações desta tecnologia, que ainda está em avanço. Desta forma, os veículos CaCs irão utilizar até metade do

combustível para cobrir a mesma distância. Isto significa economia e menos emissão de poluentes.

Além disso, por praticamente não apresentarem partes móveis, os veículos CaCs terão menos vibrações e ruídos, refletindo em menos manutenção. No futuro, ao estacionar o carro na garagem, o veículo CaC poderá ser “plugado” na rede elétrica de casa para gerar eletricidade e calor para aquecer o ambiente, ou ainda, ser vendido para a rede elétrica.

Um automóvel que tenha alta performance e não libere praticamente poluentes na atmosfera, tal como um que utilize a tecnologia CaC, é uma importante solução para resolver o problema da qualidade do ar urbano.

4.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

Minimiza nossa dependência em produtos do petróleo para produzir energia

Petróleo, gás natural e carvão são um dos tipos de combustíveis fósseis que têm certas desvantagens. O petróleo é uma fonte limitada, o gás natural é difícil de transportar, e o carvão é extremamente agressivo ao meio ambiente. As células a combustível poderão satisfazer nossa demanda por energia ao mesmo tempo em que as reservas de combustíveis fósseis diminuam. Para isso, deve-se utilizar fontes renováveis de energia, como a cana-de-açúcar e outras fontes de biomassa, pois durante o seu crescimento, ocorre o sequestro de carbono da atmosfera.

Emite menos gases causadores do efeito estufa

A maior parte das CaCs emitem oxigênio e água como seus subprodutos. Imaginem dentro de alguns anos que a maior parte da frota de automóveis emita somente estes componentes ao invés de monóxido de carbono, dióxido de carbono e outros gases nocivos, além da fumaça. Embora algumas CaCs emitam dióxido de carbono, a emissão é em pequenas quantidades.

Mais eficiência na geração da energia e no consumo da fonte de energia

Atualmente, os motores a combustão interna mais eficiente atingem eficiência de 25 a 30%. Em média, varia de 13 a 20%. As plantas mais eficientes de geração de energia têm

eficiência de 33 a 35%. As células a combustível mais usuais e maduras no momento, as de ácido fosfórico (PAFC) e as que utilizam metanol (DMFC), têm eficiência de 40%. Entretanto, quando é utilizado num sistema de cogeração (onde aproveita-se o calor rejeitado para gerar mais energia), as células de ácido fosfórico podem obter eficiência de 85%. Outras tecnologias de CaCs têm suas eficiências variando desde 40% até 85%. De um modo geral, todas as células a combustível têm eficiência maior que os motores a combustão e plantas de geração.

Redução de Baterias nos Aterros Sanitários

As microcélulas a combustível são potenciais substitutos da maioria das baterias recarregáveis usadas hoje em dia em muitos tipos de equipamentos eletrônicos. Além dos benefícios em performance que as células já oferecem, embora em protótipos pouco práticos, elas também podem reduzir potencialmente uma vasta quantidade de baterias jogadas nos lixos e que vão parar nos grandes lixões das cidades, os aterros sanitários. A contaminação por parte das baterias pode prejudicar os lençóis freáticos, fonte de água potável, algo muito raro nos dias de hoje. A cada ano, bilhões de baterias são compradas, usadas, e jogadas fora no Brasil e em todo o mundo, principalmente nos EUA. Somente em 1998, mais de 3 bilhões de baterias industriais e de uso doméstico foram vendidas. A cada ano, a demanda por baterias cresce de 5 a 6%, devido ao crescimento na venda de telefones celulares, câmeras de vídeo, computadores portáteis, ferramentas que utilizam baterias e brinquedos.

As baterias são uma fonte potencial de lixo contaminante, sendo responsável por 20% do lixo tóxico gerado nos EUA por residências e empresas. Praticamente todas as baterias recarregáveis usadas em laptops e outros equipamentos portáteis são de níquel-cádmio. O vazamento de metais pesados no solo como o cádmio e o níquel, e na água de rios é um problema de grande preocupação.

As células a combustível têm uma expectativa de vida muito superior quando comparadas com as baterias recarregáveis w são construídas com materiais menos nocivos.

Desta forma, com o aumento do uso de células a combustível em micro-aplicações, espera-se que diminua a contaminação de metais pesados nos aterros sanitários.

5 CÉLULA DE COMBUSTÍVEL NO BRASIL

O Brasil se encontra na vanguarda no que se refere às pesquisas que vão contribuir para o uso do hidrogênio como combustível e na geração de energia. “Em alguns anos, já teremos geradores de energia nas indústrias e nas próprias residências e carros movidos a hidrogênio circulando pelas ruas”, antecipa o professor Paulo Emílio de Miranda, que coordena o Laboratório de Hidrogênio da Coppe. Esse laboratório é um dos condutores do trabalho que vem sendo desenvolvido no Brasil, cujo objetivo é viabilizar o uso do hidrogênio como combustível e como fonte de energia. Para isso, pesquisadores da Coppe vêm buscando formas de tornar seguro seu armazenamento.

Pesquisas para obtenção e adequação de combustíveis

Durante as exposições também ficou claro que o futuro das células combustíveis além do desenvolvimento das células em si, depende também das tecnologias de obtenção e adequação dos combustíveis e, em alguns casos, da tecnologia do armazenamento destes.

Um caso especial é o hidrogênio, que apesar de não ser uma fonte energética (não é encontrado livre no nosso planeta, nem existem fontes naturais de produção do mesmo) é considerado por muitos um combustível ideal, entre outras razões pelas características de:

- Alto poder energético
- Não-poluente - sua combustão resulta apenas vapor d'água
- Múltiplas formas de obtenção com alta eficiência: por eletrólise da água; por reforma de álcool e hidrocarbonetos (metanol, etanol, metano, gás natural e outros) etc.

A obtenção do hidrogênio, além de tema de palestra no seminário, foi abordado pela maioria dos palestrantes., ficando demonstrado que o Brasil já domina largamente a tecnologia da hidrólise e está engajado no desenvolvimento de reformadores catalíticos para sua obtenção, destacando-se o citado projeto do MCT em parceria com a UNICAMP e empresas de vários setores para a produção de hidrogênio a partir do etanol.

O uso hidrogênio apesar das vantagens oferecidas, tem ainda como "calcanhar de Aquiles" o seu armazenamento, e a nível mundial existem várias pesquisas para obtenção de

meios realmente seguros e eficientes, sendo atualmente as principais formas de armazenamento desenvolvidas, com algumas considerações, descritas a seguir:

- **Liquefação por Criogenia** (resfriamento a baixas temperaturas): Apresenta alto custo e necessita de alta tecnologia para sua obtenção, o volume necessário para armazenamento torna-o bastante atrativo para uso em veículos de passeio
- **Pressurização do gás** (armazenamento em cilindros): Exige grandes volumes para uma autonomia razoável, já é bastante compatível e viável em transporte de massa como ônibus ou aplicações estacionárias
- **Hidretos de metais** (ligas metálicas com poder de absorção do hidrogênio e liberação controlada por aquecimento moderado): apesar de altamente seguro, ainda tem como maiores desvantagens o volume e peso necessários.

Durante espaço aberto para debate, o Prof. Paulo Emílio de Miranda – Laboratório de Hidrogênio da COPPE/UFRJ -, que participou como ouvinte, lembrou o trabalho da UFRJ/COPPE que em parceria com a Renault, pesquisa o armazenamento de hidrogênio numa linha não convencional, onde, diversamente ao uso de ligas formadoras de hidretos, são utilizadas ligas metálicas amorfas, e o hidrogênio é armazenado por solução sólida sob a forma protônica.

5.1 Outras fontes de hidrogênio

Em relação ao desenvolvimento de células para funcionamento direto com outros combustíveis, destaca-se o projeto de desenvolvimento de protótipo de célula combustível de polímero condutor iônico para funcionamento com etanol, envolvendo parceria entre o MCT, a USP de São Carlos, a Empresa CLAMPER e a CEMIG.

Estudos também estão sendo feitos pela TECPAR para se avaliar a qualidade do álcool carburente comercial, assim como analisar a questão da contaminação devido a transporte comum, e determinação das características do álcool para as células a combustível.

Conforme exposição sobre o desenvolvimento das células a combustível pela Dra. Maria Isabel Caires - Pesquisadora do IQSC -, pesquisas para tal já vêm sendo realizadas no

Brasil, principalmente pela USP que mantém, desde 1981, no Instituto de Química de São Carlos, uma equipe de pesquisadores (da qual faz parte), tendo inclusive alguns trabalhos alcançado reconhecimento internacional.

5.2 Células a biogás - uma realidade

Isento dos problemas de armazenamento, o biogás também pode ser beneficiado com o maior aproveitamento energético das células a combustível, já existindo células a combustível para funcionamento direto com gás metano.

A revista Brasil Energia, N.º 229 Dezembro de 1999 - pg.89. em sua matéria "Alemanha inova na geração térmica" mostra a implantação em Colônia, com funcionamento previsto para janeiro de 2000, de uma usina para geração de energia elétrica a partir do metano descartado em uma planta de tratamento de esgoto (onde na maioria dos casos é queimado e descarregado, ou apenas liberado, na atmosfera) com a conversão feita por células a combustível. A mesma matéria informa estarem em operação três sistemas semelhantes e outros dois instalados em aterros de lixo nos Estados Unidos, e mais três em plantas de tratamento de esgotos no Japão, sendo que no mundo todo o número é de aproximadamente 200.

6 CONCLUSÃO

Hoje, o maior desafio é o de, cada vez mais, buscar meios de empregar as células a combustível em escala industrial, em automóveis e em todas as áreas possíveis para que se torne um item comercial. Com isso, haverá uma redução dos custos de fabricação, hoje muito elevados.

Para redução das emissões dos gases tóxicos, um dos maiores desafios é a obtenção de reservatórios mais eficazes para a contenção do gás, que muitas vezes necessita altas pressões, tendo a necessidade de reservatórios especiais e caros sem mencionar o peso que é um dos fatores de consumo veicular. Sendo assim, é necessário um trabalho efetivo para obtenção dos combustíveis de fonte renováveis como o álcool e o biogás, assim como o desenvolvimento de reservatório que possa dar aos veículos uma autonomia como a que existe hoje nos veículos movidos a combustíveis fósseis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDABÓ, Ricardo. **Célula Combustível a Hidrogênio**: fonte de energia da nova era. São Paulo; Artliber, 2004.

<http://www.celulaacombustivel.com.br/> 24/02/07

http://www.faperj.br/interna.phtml?obj_id=208 02/04/07

http://seminarios.ist.utl.pt/04-05/des/material/tfarias_mob.pdf 02/04/07

http://www.energiasrenovaveis.com/html/energias/hidrog_tecnologias.asp 27/02/07

Wikipédia enciclopédia livre

http://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_combust%C3%A9vel 24/02/07

NETO, Emílio Hoffmann Gomes. Brasil H2 Fuel Cell Energy